

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Jaewoan LEE, et al.

Application No.: To be assigned

Group Art Unit: To be assigned

Filed: November 13, 2001

Examiner: To be assigned



For: A POSITIVE ELECTRODE FOR A LITHIUM-SULFUR BATTERY AND A LITHIUM-SULFUR BATTERY INCLUDING THE POSITIVE ELECTRODE

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

#  
P

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Korean Patent Application No. 2000-0069642

Filed: November 22, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: November 13, 2001

By: 

James G. McEwen  
Registration No. 41,983

700 11th Street, N.W., Ste. 500  
Washington, D.C. 20001  
(202) 434-1500



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 69642 호  
Application Number PATENT-2000-0069642

출원년월일 : 2000년 11월 22일  
Date of Application NOV 22, 2000

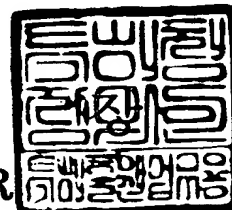
출원인 : 삼성에스디아이 주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG SDI CO., LTD.



2001 년 09 월 13 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2000.11.22
【발명의 명칭】	리튬-황 전지용 양극 및 그를 포함하는 리튬-황 전지
【발명의 영문명칭】	POSITIVE ELECTRODE FOR LITHIUM-SULFUR BATTERY AND LITHIUM-SULFUR BATTERY COMPRISING SAME
【출원인】	
【명칭】	삼성에스디아이 주식회사
【출원인코드】	1-1998-001805-8
【대리인】	
【성명】	김은진
【대리인코드】	9-1998-000134-0
【포괄위임등록번호】	2000-041944-2
【대리인】	
【성명】	김원호
【대리인코드】	9-1998-000023-8
【포괄위임등록번호】	1999-065833-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이제완
【성명의 영문표기】	LEE, Jea Woan
【주민등록번호】	700920-1357214
【우편번호】	330-050
【주소】	충청남도 천안시 영성동 47-24번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최윤석
【성명의 영문표기】	CHOI, Yun Suk
【주민등록번호】	630314-1036419

【우편번호】	330-300
【주소】	충청남도 천안시 성성동 508번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정용주
【성명의 영문표기】	JUNG,Yong Ju
【주민등록번호】	680501-1657714
【우편번호】	330-300
【주소】	충청남도 천안시 성성동 508번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최수석
【성명의 영문표기】	CHOI,Su Suk
【주민등록번호】	681010-1804827
【우편번호】	330-300
【주소】	충청남도 천안시 성성동 508번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	황덕철
【성명의 영문표기】	HWANG,Duck ChuI
【주민등록번호】	701104-1173110
【우편번호】	330-300
【주소】	충청남도 천안시 성성동 508번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김주석
【성명의 영문표기】	KIM,Joo Soak
【주민등록번호】	720625-1343827
【우편번호】	330-300
【주소】	충청남도 천안시 성성동 508번지
【국적】	KR
【심사청구】	청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

김은진 (인) 대리인

김원호 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】 16 면 29,000 원

【가산출원료】 0 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 12 항 493,000 원

【합계】 522,000 원

## 【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 리튬-황 전지용 양극 및 그를 포함하는 리튬-황 전지에 관한 것으로서, 상기 양극은 전체 부피의 5% 이상의 기공도를 갖는 다공성 전류 집전체 위에 도포된 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{Sn}(n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{Sn}(n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트, 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 황 계열 물질을 포함하는 양극 활물질과 전기적으로 도전성을 갖는 물질 그리고 바인더를 포함한다.

본 발명의 리튬-황 전지는 양극 활물질 이용율을 증가시킬 수 있어서 용량 특성을 향상시킬 수 있고, 또한, 활물질 탈락을 방지할 수 있어 수명 특성도 향상시킬 수 있다.

## 【대표도】

도 1

## 【색인어】

다공성기판, 전류집전체, foam, felt, 리튬황전지

**【명세서】****【발명의 명칭】**

리튬-황 전지용 양극 및 그를 포함하는 리튬-황 전지{POSITIVE ELECTRODE FOR LITHIUM-SULFUR BATTERY AND LITHIUM-SULFUR BATTERY COMPRISING SAME}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 본 발명의 전류 집전체를 사용하여 제조된 리튬-황 전지용 양극.

도 2는 종래 전류 집전체를 사용하여 제조된 리튬-황 전지용 양극.

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

## &lt;3&gt; [산업상 이용 분야]

<4> 본 발명은 리튬-황 전지용 양극 및 그를 포함하는 리튬-황 전지에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 향상된 활물질 이용율과 충방전 효율을 나타내는 리튬-황 전지용 양극에 관한 것이다.

## &lt;5&gt; [종래 기술]

<6> 리튬-황 전지는 황-황 결합(Sulfur-Sulfur combination)을 가지는 황 계열 화합물을 양극 활물질로 사용하고, 리튬과 같은 금속 물질을 음극 활물질로 사용하는 이차 전지로서, 황-황 결합이 리튬 이온과의 환원 반응에 의해 분해되어 황-리튬 화합물을 형성하고, 형성된 황-리튬 화합물이 다시 분해되어 황-황 결합을 이루는 산화-환원 반응을 이용하여 전기적 에너지를 저장 및 생성한다.

<7> 리튬-황 전지에서 양극은 유기 용매에 바인더와 도전재를 분산시키고, 얻어진 분산액에 상기 양극 활물질을 첨가하여 슬러리를 제조한 후, 전류 집전체에 도포하고 건조하여 제조되며, 이 구조를 도 2에 나타냈었다. 상기 전류 집전체로는 일반적으로 금속 포일(foil)이 사용된다.

<8> 그러나 종래 제조된 양극은 도 2에 나타낸 것과 같이, 활물질이 전류 집전체 위에 도포되는 것이므로, 활물질의 반응 면적이 다소 작아 활물질 이용율이 감소된다. 특히, 충방전 공정을 진행함에 따라 활물질이 전류 집전체로부터 탈락되어 충방전 효율이 감소되는 문제점이 있다. 아울러, 전류 집전체로부터 멀리 떨어진 부분의 활물질 주위에 도전재가 존재하지 않을 경우 활성을 잃어 비활성 물질이 될 가능성도 있다. 이로 인하여, 전체 전지 용량이 감소될 수 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<9> 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 충방전시 향상된 활물질 이용율과 충방전 효율을 나타내는 리튬-황 전지용 양극을 제공하는 것이다.

<10> 본 발명의 다른 목적은 고용량의 리튬-황 전지를 제공할 수 있는 리튬-황 전지용 양극을 제공하는 것이다.

<11> 본 발명의 또 다른 목적은 상기 양극을 포함하는 리튬-황 전지를 제공하는 것이다.



【발명의 구성 및 작용】

- <12>      상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 전체 부피 5% 이상의 기공도를 갖는 다공성 전류 집전체 위에 도포된 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트, 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 황 계열 물질을 포함하는 양극 활물질; 전기적으로 도전성을 갖는 물질; 및 바인더를 포함하는 리튬-황 전지용 양극을 제공한다.
- <13>      본 발명은 또한 리튬 이온을 가역적으로 인터칼레이션 또는 디인터칼레이션할 수 있는 물질, 리튬과 가역적으로 화합물을 형성할 수 있는 물질, 리튬 금속 및 리튬 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 음극 활물질을 포함하는 음극; 전체 부피의 5% 이상의 기공도를 갖는 다공성 전류 집전체 위에 도포된 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트, 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 황 계열 물질을 포함하는 양극 활물질, 전기적으로 도전성을 갖는 물질 및 바인더를 포함하는 양극; 및 리튬염과 유기 용매를 포함하는 전해질을 포함하는 리튬-황 전지를 제공한다.
- <14>      이하 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.
- <15>      본 발명의 리튬-황 전지용 양극은 전류 집전체로 다공성 도전성 물질을 사용하며, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$  및  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 황 계열 물질을 포함하는 양극 활물질, 전기적으로 도전성을 갖는 물질 및 바인더를 포함한다.

- <16>      상기 전류 집전체는 스테인레스 스틸, 알루미늄, 티타늄 등의 도전성 물질을 사용하는 것이 바람직하며, 카본-코팅된 알루미늄 집전체를 사용하면 더욱 바람직하다. 본 발명의 전류 집전체는 기공도가 전체 전류 집전체 부피의 5% 이상, 바람직하게는 60% 이상, 더욱 바람직하게는 80 내지 90%인 펠트(felt) 또는 폼(foam) 형태이다.
- <17>      이러한 기공도를 갖는 전류 집전체는 다음과 같은 방법으로 제조된 것을 사용할 수 있다. 먼저, 폴리우레탄 등의 수지 발포체에 카본 등의 도전재를 코팅하고, 얻어진 혼합물에 니켈을 전기 도금한 뒤, 전기 도금된 생성물을 열분해하여 제조되는 것을 사용할 수 있다. 이 제조 방법 중, 열분해 공정에서 상기 수지 발포체가 제거되면서, 전기 도금되어 있던 니켈에 기공이 형성되면서 니켈 다공체가 형성된다.
- <18>      또는 직경이 수십  $\mu\text{m}$ 의 탄소 섬유로 형성된 부직포에 니켈을 도금하여 제조된 것을 사용할 수 도 있고, 직경이 수십  $\mu\text{m}$ 의 탄소 섬유를 그대로 전류 집전체로 사용할 수 도 있다.
- <19>      본 발명의 양극 활물질은 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n(n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{S}_n(n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트, 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 황-화합물 중에서 선택되는 하나 이상의 화합물을 포함하며, 바람직하게는 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n(n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{S}_n(n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트로 이루어진 황-화합물 중에서 선택되는 하나 이상의 화합물을 포함한다. 본 명세서에서 캐소라이트란, 리튬-황 전지에서 널리 알려진 것과 같이 양극 활물질을 전해질에 용해시켜 제조한 용액을 말한다. 양극 활물질로서 Li

$2S_n(n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트를 사용할 경우에는 전해질내의 폴리설파이드의 설퍼 농도가 커질수록 용량이 커지므로 바람직하다.

<20> 본 발명에 따른 양극은 상기 황 화합물과 함께 전자가 양극 활물질 내에서 원활하게 이동하도록 하기 위한 전기적으로 도전성을 갖는 물질인 전기 전도성 도전재를 더욱 포함한다. 상기 도전재로는 특히 한정하지 않으나, 카본 블랙과 같은 전도성 물질 또는 폴리아닐린, 폴리티오펜, 폴리아세틸렌, 폴리피롤과 같은 전도성 고분자를 단독 또는 혼합하여 사용할 수 있다.

<21> 양극에 사용되는 바인더로는 폴리테트라플루오로에틸렌 (polytetrafluoroethylene: PTFE), 폴리비닐리덴플로라이드(Polyvinylidene fluoride: PVDF), UV 소성 가능한 비닐계 고분자, 폴리메틸메타크릴레이트 (polymethyl methacrylate: PMMA)와 같은 아크릴레이트 폴리머 등이 이용된다. 본 발명의 양극에서의 황-화합물, 도전재 및 바인더의 함량은 60-80 : 5-20 : 5-20 중량%인 것이 바람직하다.

<22> 본 발명의 양극을 제조하는 방법은 사용하는 양극 활물질의 상태에 따라 분류될 수 있으며, 양극 활물질로 황 원소, 고체  $Li_2S_n(n \geq 1)$ , 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 고상 황-화합물을 사용할 경우에는 다음의 코팅(캐스팅) 방법을 사용하여 양극을 제조한다. 이와 달리,  $Li_2S_n(n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트의 액상 황-화합물을 사용할 경우에는,  $Li_2S_n(n \geq 1)$ 를 전해질에 용해시켜 캐소라이트를 제조하여 이를 양극으로 사용한다. 이 경우에는 세퍼레이터와 전류 집전체를 전지 케이스에 넣은 후, 상기 캐소라이트를 주입하는 방법으로 전지를 제조한다.

<23> 코팅 방법으로 양극을 제조하기 위해서는 먼저, 슬러리를 제조하기 위한 용매에 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene: PTFE), 폴리비닐리덴 플로라이드(Polyvinylidene fluoride:PVDF), UV 소성 가능한 비닐계 고분자, 또는 폴리메틸메타크릴레이트(polymethyl methacrylate: PMMA)와 같은 바인더를 용해시킨 다음, 도전재를 분산시킨다. 슬러리를 제조하기 위한 용매로는 황-화합물, 바인더 및 도전재를 균일하게 분산시킬 수 있으며, 쉽게 증발되는 것을 사용하는 것이 바람직하며, 대표적으로는 아세토니트릴, 메탄올, 에탄올, 테트라하이드로퓨란, 물 등을 사용할 수 있다. 다음으로 양극 활물질인 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ , 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 황-화합물 중에서 선택되는 하나 이상의 황-화합물을 상기 도전재가 분산된 슬러리에 다시 균일하게 분산시켜 양극 활물질 슬러리를 제조한다. 슬러리에 포함되는 용매 및 황-화합물의 양은 본 발명에 있어서 특별히 중요한 의미를 가지지 않으며, 단지 슬러리의 코팅이 용이하도록 적절한 점도를 가지면 충분하다.

<24> 이와 같이 제조된 슬러리를 다공성 전류 집전체에 도포하고, 진공 건조하여 양극을 형성한 후 이를 전지 제조에 사용한다. 슬러리는 슬러리의 점도 및 형성하고자 하는 양극의 두께에 따라 적절한 두께로 집전체에 코팅하면 충분하다.

<25> 이와 같이 제조된 본 발명의 양극의 구조를 개략적으로 도 1에 나타내었다. 도 1에 나타낸 것과 같이, 다공성 전류 집전체를 포함하는 양극은 반응 면적이 종래 사용되던 포일 타입의 전류 집전체보다 크고, 본 발명의 전류 집전체의 기공으로 양극 활물질이 삽입되므로, 양극 활물질 주위에 도전재가 존재하지 않는 경우라도 전류 집전체 도전성으로 인해 도전성을 갖을 수 있다. 따라서, 종래

포일 타입의 전류 집전체를 사용할 경우에는 전류 집전체로부터 멀리 떨어진 활물질 주위에 도전체가 존재하지 않는 현상이 발생할 경우, 이 활물질들은 도전성을 잃게 되는 문제점을 방지할 수 있다. 따라서, 본 발명은 양극 활물질 이용율을 증가시킬 수 있으므로 높은 용량을 나타내는 리튬-황 전지를 제공할 수 있다. 또한 양극 활물질이 전류 집전체 내부에 삽입되어 있으므로, 충방전시 활물질 탈락을 방지할 수 있어 충방전 효율 또한 향상될 수 있다.

<26> 본 발명의 양극은 고체 상태의 전해질 세퍼레이터 또는 액상 전해질과 함께 사용될 수 있다. 상기 전해질 세퍼레이터는 전극을 물리적으로 분리하는 기능과 금속 이온을 이동시키기 위한 이동 매질의 기능을 하는 것으로서, 전기 화학적으로 안정한 전기 및 이온 도전성 물질이 모두 사용될 수 있다.

<27> 이와 같은 전기 및 이온 전도성 물질로는 유리 전해질(glass electrolyte), 고분자 전해질 또는 세라믹 전해질 등이 사용될 수 있다. 특히 바람직한 고체 전해질로는 폴리에테르, 폴리이민, 폴리티오에테르 등과 같은 고분자 전해질에 적절한 전해염을 혼합하여 사용한다. 상기 고체 상태의 전해질 세퍼레이터는 약 20 중량% 미만의 비수성 유기 용매를 포함할 수 도 있으며, 이 경우에는 유기 용매의 유동성을 줄이기 위하여 적절한 겔 형성 화합물(gelling agent)을 더욱 포함할 수 도 있다. 상기 유기 용매로는 일반적으로 리튬-황 전지에서 사용되는 것은 어떠한 것도 사용할 수 있으며, 그 대표적인 예로 1,3-디옥솔란, 디글라임, 설포란, 디메톡

시 에탄 또는 이들의 혼합물을 사용할 수 있다. 상기 리튬염으로는 일반적으로 리튬-황 전지에서 사용되는 것은 어떠한 것도 사용할 수 있으며, 그 대표적인 예로  $\text{LiSO}_3\text{CF}_3$ , 리튬 트리플레이트(lithium triflate), 리튬 퍼클로레이트(lithium perchlorate),  $\text{LiPF}_6$  또는  $\text{LiBF}_4$  등을 사용할 수 있다.

<28> 본 발명의 양극과 함께 사용될 수 있는 액상 전해질로는 상기 비수성 유기 용매 전해질을 광범위하게 사용할 수 있으며, 이 경우에는 물리적인 분리막으로서 다공성 유리, 플라스틱, 세라믹 또는 고분자 등으로 이루어진 세퍼레이터를 액상 전해질 내에 더욱 포함한다.

<29> 본 발명의 양극 활물질과 함께 사용되는 음극으로는 리튬 이온을 가역적으로 인터칼레이션할 수 있는 물질, 리튬 금속과 가역적으로 화합물을 형성할 수 있는 물질, 리튬 금속 또는 리튬 합금을 포함하는 음극 활물질로 제조된 것을 사용한다. 리튬 합금으로는 리튬/알루미늄 합금, 리튬/주석 합금을 사용할 수 있다. 또한, 리튬-황 전지를 충방전하는 과정에서, 양극 활물질로 사용되는 황이 비활성 물질로 변화되어, 리튬 음극 표면에 부착될 수 있다. 이와 같이 비활성 황(inactive sulfur)은 황이 여러 가지 전기화학적 또는 화학적 반응을 거쳐 양극의 전기화학 반응에 더이상 참여할 수 없는 상태의 황를 말하며, 리튬 음극 표면에 형성된 비활성 황은 리튬 음극의 보호막(protective layer)으로서 역할을 하는 장점도 있다. 따라서, 리튬 금속과 이 리튬 금속 위에 형성된 비활성 황, 예를 들어 리튬 설파이드를 음극으로 사용할 수 도 있다.

<30> 상기 리튬 이온을 가역적으로 인터칼레이션할 수 있는 물질로는 탄소 물질로서, 리튬 이온 이차 전지에서 일반적으로 사용되는 탄소 음극 활물질은 어떠한

것도 사용할 수 있으며, 그 대표적인 예로는 결정질 탄소, 비정질 탄소 또는 이들을 함께 사용할 수 있다. 또한, 상기 리튬 금속과 가역적으로 화합물을 형성할 수 있는 물질의 대표적인 예로는 티타늄 나이트레이트를 들 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

<31> 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기한 실시예에는 본 발명의 바람직한 일 실시예일 뿐 본 발명이 하기한 실시예에 한정되는 것은 아니다.

<32> (실시예 1)

<33> 아크릴로니트릴 용매에 폴리비닐아세테이트 바인더를 녹여 바인더 용액을 만들고, 상기 바인더 용액에 카본 분말(슈퍼 P) 도전체를 첨가하여 분산시켰다. 얻어진 분산액에 평균 입도  $20\mu\text{m}$  정도로 분쇄된 황( $\text{S}_8$ ) 분말을 추가하여 불밀로 하루 이상 교반하여 리튬-황 전지용 양극 활물질 슬러리를 제조하였다. 이때, 황 분말 : 바인더 : 도전체의 비율은 60 : 20 : 20 중량%로 하였다.

<34> 제조된 양극 활물질 슬러리를 기공율이 80%인 니켈폼에 코팅한 후  $60^\circ\text{C}$  건조로에서 1시간 건조하고, 건조된 극판을 롤프레스를 이용하여 극판 두께가  $50\mu\text{m}$  되도록 압연하여 리튬-황 전지용 양극을 제조하였다.

<35> (비교예 1)

<36> 아크릴로니트릴 용매에 폴리비닐아세테이트 바인더를 녹여 바인더 용액을 만들고, 상기 바인더 용액에 카본 분말(슈퍼 P) 도전체를 첨가하여 분산시켰다. 얻어진 분산액에 평균 입도  $20\mu\text{m}$  정도로 분쇄된 황( $\text{S}_8$ ) 분말을 추가하여 불밀로

하루 이상 교반하여 리튬-황 전지용 양극 활물질 슬러리를 제조하였다. 이때,  
황 분말 : 바인더 : 도전재의 비율은 60 : 20 : 20 중량%로 하였다.

<37> 제조된 양극 활물질 슬러리를 알루미늄 포일 기판에 코팅한 후 60℃ 건조로  
에서 1시간 건조하고, 건조된 극판을 롤프레스를 이용하여 극판 두께가 50 $\mu$ m 되  
도록 압연하여 리튬-황 전지용 양극을 제조하였다.

<38> 상기 실시예 1 및 비교예 1의 방법으로 제조된 양극을 진공 오븐(60℃)에서  
하루 이상 방치한 후 수분과 산소가 제어되는 글로브 박스로 옮기고 이후 작업  
은 글로브 박스에서 진행하였다. 양극과 음극을 일정한 크기로 잘라 양극과 음  
극용 탭을 부착시킨 후 폴리에틸렌 세퍼레이터를 사이에 두고 일정한 장력을 가  
하면서 권취하여 전지의 외장재인 파우치에 삽입하고 전해액이 주입될 부분만 제  
외하고 나머지 부분은 밀봉시켰다. 이때, 음극으로는 산화되지 않은 리튬 메탈  
포일(두께 50 $\mu$ m)을 사용하였다. 이어서, 전해액으로 1M LiSO<sub>3</sub>CF<sub>3</sub>가 용해된 1,3-  
디옥솔란, 디글라임, 설펜탄 및 디메톡시 에탄(50 : 20 : 10 : 20 부피비) 혼합  
물을 상기 파우치에 투입하여 리튬-황 전지를 제조하였다.

<39> 제조된 전지를 0.1C 충방전을 4회 실시하고, 0.2C 충방전을 3회 실시한 후,  
0.5C 충방전을 3회 실시하여, 사이클 수에 따른 용량과 첫 번째 사이클 용량에  
대한 잔존 용량%를 측정하였다. 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

<40> 【표 1】

사이클 수	비교예[mAh/g]	잔존용량/첫번째 사이클 용량[%]	실시예[mAh/g]	잔존용량/첫번째 사이클 용량[%]
1	520	100	645	100
4	356	68	506	78
10	196	38	352	54



<41>       상기 표 1에 나타낸 것과 같이, 실시예 1의 리튬-황 전지가 충방전시 활물질 이용율이 증가되어 초기 용량이 우수하며, 충방전 효율이 향상됨에 따라 충방전이 진행됨에 따른 용량 감소가 적음을 알 수 있다.

**【발명의 효과】**

<42>       상술한 바와 같이, 본 발명의 리튬-황 전지는 양극 활물질 이용율을 증가시킬 수 있어서 용량 특성을 향상시킬 수 있고, 또한, 활물질 탈락을 방지할 수 있어 수명 특성도 향상시킬 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

전체 부피의 5% 이상의 기공도를 갖는 다공성 전류 집전체 위에 도포된 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트, 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 황 계열 물질을 포함하는 양극 활물질;

전기적으로 도전성을 갖는 물질; 및

바인더

를 포함하는 리튬-황 전지용 양극.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 전체 부피의 60% 이상의 기공도를 갖는 것인 리튬-황 전지용 양극.

**【청구항 3】**

제 2 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 전체 부피의 80 내지 90%의 기공도를 갖는 것인 리튬-황 전지용 양극.

**【청구항 4】**

제 1 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 수지 발포체에 도전 재료를 첨가하고, 얻어진 혼합물에 니켈을 전기 도금한 후, 전기 도금된 생성물을 열분해하여 제조된 것인 리튬-황 전지용 양극.

**【청구항 5】**

제 1 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 부직포에 니켈을 전기 도금하여 제조된 것인 리튬-황 전지용 양극.

**【청구항 6】**

제 1 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 탄소 섬유로 제조된 것인 리튬-황 전지용 양극.

**【청구항 7】**

리튬 이온을 가역적으로 인터칼레이션 또는 디인터칼레이션할 수 있는 물질, 리튬과 가역적으로 화합물을 형성할 수 있는 물질, 리튬 금속 및 리튬 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 음극 활물질을 포함하는 음극;

전체 부피의 5% 이상의 기공도를 갖는 다공성 전류 집전체 위에 도포된 황 원소, 고체  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ ,  $\text{Li}_2\text{S}_n (n \geq 1)$ 가 용해된 캐소라이트, 유기-황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 황 계열 물질을 포함하는 양극 활물질, 전기적으로 도전성을 갖는 물질 및 바인더를 포함하는 양극;

상기 양극과 음극 사이에 위치하는 세퍼레이터; 및

상기 음극, 양극 및 세퍼레이터에 함침되어 있으며, 리튬염과 유기 용매를 포함하는 전해질

을 포함하는 리튬-황 전지.

**【청구항 8】**

제 7 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 전체 부피의 60% 이상의 기공도를 갖는 것인 리튬-황 전지.

**【청구항 9】**

제 7 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 전체 부피의 80 내지 90%의 기공도를 갖는 것인 리튬-황 전지.

**【청구항 10】**

제 7 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 수지 발포체에 도전 재료를 첨가하고, 얻어진 혼합물에 니켈을 전기 도금한 후, 전기 도금된 생성물을 열분해하여 제조된 것인 리튬-황 전지.

**【청구항 11】**

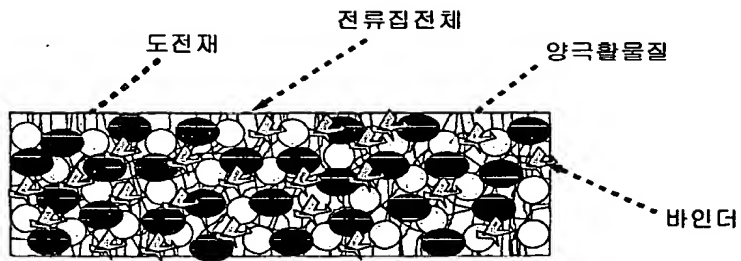
제 7 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 부직포에 니켈을 전기 도금하여 제조된 것인 리튬-황 전지.

**【청구항 12】**

제 7 항에 있어서, 상기 전류 집전체는 탄소 섬유로 제조된 것인 리튬-황 전지.

【도면】

【도 1】



【도 2】

